TRABAJO DE DIVULGACIÓN

LA VELLOSIDAD DE LOS HILOS, HISTORIA DE UN PARÁMETRO Y DE LA INFLUENCIA DE LAS NUEVAS TECNOLOGIAS SOBRE LA EVOLUCIÓN DE SU MEDICIÓN

A. Barella*

0.1. Resumen

Se pasa revista a la historia de la evolución de las técnicas de medida de la vellosidad de los hilos desde la definición del coeficiente de vellosidad por el autor en el año 1951 y a la influencia que la sucesiva aparición de nuevas tecnologías ha tenido en el desarrollo de la aplicación práctica de las subsiguientes modalidades propuestas en el campo industrial. Se comenta el hecho paradójico de que, a pesar de haber sugerido diferentes caminos válidos, el autor ha tenido que contemplar como la totalidad de los aparatos comercializados que se encuentran en el mercado llevan marca extranjera y que, por lo menos uno de ellos, se basa en un principio físico propuesto por él mismo hace dieciocho años; eso sí, debidamente perfeccionado y puesto al día con la incorporación de nuevas tecnologías entonces inexistentes o poco desarrolladas.

***Palabras clave**: Hilos, vellosidad, nuevas tecnologías.*

0.2. SUMMARY: *YARN HAIRINESS. THE HISTORY OF A PARAMETER AND THE INFLUENCE OF NEW TECHNOLOGIES ON THE EVOLUTION OF ITS MEASUREMENT*

The history of the yarn hairiness measurement techniques evolution since the definition of the coefficient of hairiness by the author is explained and the influence of the apparition of new technologies on the development of the paradoxal fact that, in spite of the suggestion of different valid ways, the author has verified that the totality of yarn hairiness measurement devices that are now in the market are made in foreign countries. At least, one of these devices is based in a physical principle proposed by the author more than eighteen years ago but, now, duly performed and updated with the incorporation of new technologies unknown or few developed in that time.

***Key words:** Yarn, hairiness, new technologies.*

0.3. Résumé: *LA VILLOSITÉ DES FILS. HISTOIRE D'UN PARAMÈTRE ET DE L'INFLUENCE DES NOUVELLES TECHNOLOGIES SUR L'ÉVOLUTION DE SA MESURE.*

L'étude présente l'histoire de l'évolution des techniques de mesure de la villosité des fils, de la définition du coefficient de villosité par l'auteur en 1951 à l'influence de l'apparition de nouvelles technologies sur le développement de l'application pratique des modalités subséquentes proposées dans le secteur industriel. Paradoxalement, alors que l'auteur avait suggéré plusieurs voies possibles et également acceptables, il a pu observer que tous les appareils commercialisés étaient de marque étrangère et que l'un d'eux au moins reposait sur un principe physique qu'il avait lui-même proposé il y a dix-huit ans, dûment perfectionné et mis à jour bien entendu, grâce à l'incorporation de nouvelles technologies alors inexistantes ou peu développées.

***Mots clé:** Fils, villosité, nouvelles technologies.*

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente trabajo es resumir la historia de un parámetro de los hilos: la vellosidad –que fue introducido por el autor en el año 1951- y del progresivo desarrollo de su medición desde la aplicación de las técnicas más rudimentarias hasta las basadas en las tecnologías avanzadas que presiden el funcionamiento de los aparatos que se encuentran hoy en el mercado cerca de medio siglo más tarde. Aparte de constituir un ejemplo de la influencia que la innovación científica y tecnológica aporta al desarrollo industrial en el terreno práctico, también resulta paradigmático de cómo una idea nacida en nuestro país ha acabado escapándosenos de las manos por la falta, en un pasado no demasiado lejano, de una política de investigación y desarrollo, no sólo a escala de país sino también a escala de una rama industrial determinada por falta de interés; habiendo, en cambio, abierto camino,

* Prof. Dr. Ing. Alberto Barella. Real Academia de Ciencias y Artes. Barcelona.

dentro del ámbito mundial, a un gran número de trabajos de investigación y desarrollo que han cristalizado en más de un millar largo de referencias bibliográficas y el desarrollo de instrumentos de control por constructores de media docena de países, algunos de los cuales incorporan tecnologías avanzadas, más de una preconizada, en su día y en vano, por el autor bastantes años atrás.

Hace sesenta años, la vellosidad de los hilos era considerada como una curiosa propiedad que, en algunas ocasiones, era capaz de interferir en los procesos y producir dificultades durante el tisaje y la fabricación de artículos de punto, pero a nadie se le había ocurrido considerar esta propiedad como un parámetro más de los hilos y mucho menos medirla y cuantificarla.

Fue en la década de los 50 cuando esta curiosa propiedad fue convertida en un parámetro conmensurable de los hilos, con escasa proyección al comienzo; pero cuando fueron desarrollados nuevos sistemas de hilatura y tejeduría caracterizados por el aumento de velocidades de las máquinas, la vellosidad de los hilos fue adquiriendo importancia práctica y convirtiéndose en una propiedad que era necesario medir y controlar por sus efectos generalmente nocivos y entorpecedores de los procesos. Fue entonces cuando comenzaron a cobrar interés las técnicas desarrolladas para medirla y aparecieron los primeros aparatos de funcionamiento continuo, fruto de los esfuerzos de diferentes centros de investigación y constructores de aparatos de laboratorio. De las aproximadamente setenta y tantas técnicas de media propuestas que han llegado a nuestro conocimiento solo han subsistido poco más de media docena de instrumentos comercializados, los suficientes para que, actualmente, la medición de la vellosidad se haya convertido en un ensayo de rutina a nivel de fábrica.

No obstante no siempre se ha de considerar la vellosidad como una propiedad indeseable por su contribución a las características del producto final. Si bien, por ejemplo, un tejido demasiado velloso puede facilitar la aparición de "pilling", sobre todo en artículos de punto, a veces la presencia de pelo en el producto acabado es una propiedad que se agradece, lo cual ha propiciado la aparición de técnicas encaminadas a aumentar la vellosidad de los hilos producidos mediante sistemas de hilatura poco propensos a proporcionar hilos vellosos (como por ejemplo, la hilatura de rotor).

2. QUÉ ES LA VELLOSIDAD

Si se proyecta la imagen de un hilo sobre una pantalla (fig. 1) es fácil observar que, además del núcleo del hilo, aparecen una fibras que emergen y se proyectan fuera del mismo. Son las que forman la vellosidad. En líneas generales ésta está constituida por tres clases de fibras:

a) Los extremos emergentes
b) Las fibras que forman un bucle y dibujan un arco fuera del núcleo.
c) Las fibras que Morton[17)] denomina "wild fibres" que pertenecen a uno de los grupos precedentes y evolucionan cerca de la superficie del hilo y proyectan generalmente extremos largos, por lo que muchas veces se acumulan a las del primer grupo.

Este esquema es muy simplificado porque corresponde a la proyección del hilo sobre un solo plano paralelo a su eje y ciertas fibras que pueden aparecer como bucles podrían ser, de hecho, extremos arqueados escondidos detrás del núcleo. Por otra parte los extremos de las fibras no se hallan proyectados, generalmente, en su verdadera magnitud y su definición depende de las características ópticas del proyector (profundidad de campo, foco, etc.) por lo cual, algunos extremos pueden aparecer como más cortos debido a salir fuera del campo visual. Pese a los inconvenientes que presenta la proyección uniplanar de los hilos, muchos investigadores, comenzando por el autor, utilizaron este sistema por su simplicidad para evaluar la vellosidad, conscientes de que el modelo era solo aproximado. Esto explica la multiplicidad de técnicas propuestas (algunas basadas en la proyección multiplanar del hilo) para conseguir una mayor precisión de las medidas ópticas lo cual comporta, en la mayoría de los casos, una complicación excesiva de los dispositivos que no compensa, generalmente, el aumento de la información obtenida.

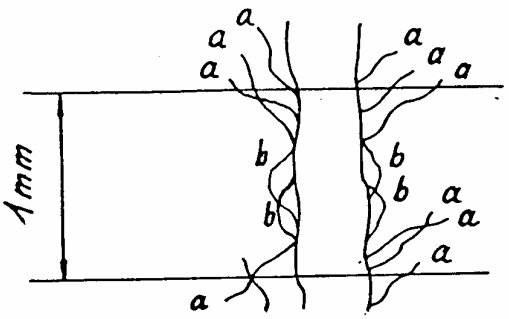

FIGURA 1: Vellosidad de los hilos

3. LA VELLOSIDAD Y SU REPERCUSIÓN EN EL PROCESO INDUSTRIAL

Este tema no es, propiamente, el objeto del presente trabajo. Se trata de una cuestión que ha sido ampliamente estudiada. El autor, desde 1965, ha dedicado una especial atención al seguimiento del problema. Las referencias bibliográficas 2 a 16 resumen el sucesivo estado del arte desde aquella

fecha. Señalaremos únicamente, como resumen, que sobre la vellosidad influyen:

- Las propiedades de las fibras, en especial la longitud y su distribución; la masa lineal o finura; la resistencia a la tracción; la rigidez a la flexión y el rizado.
- Las propiedades de los hilos, en especial el número o masa lineal y la torsión y su irregularidad.
- El proceso de hilatura.
- Las operaciones de post-hilatura tales como el vaporizado; el bobinado; el torcido y el gaseado.
- El encolado, cuya misión principal es contrarrestar la vellosidad con vista al tisaje.
- La tejeduría. Es de advertir que la vellosidad es la clave del éxito de esta operación, en especial en las máquina de tejer de alta velocidad y sobre todo en los telares neumáticos. En este caso concreto si la trama tiene poco pelo o demasiado corto su inserción en la calada es mala pero si la trama tiene los pelos muy largos este hecho también afecta la inserción porque, entonces, los pelos tocan los hilos de la urdimbre. Actualmente se estima que, en este tipo de tisaje, de entre los distintos parámetros que caracterizan el hilo, la vellosidad ocupa la octava posición en importancia para los hilos de la urdimbre y la cuarta para los de trama[18)]. La vellosidad afecta, pues, el rendimiento del tisaje y además, en ciertas ocasiones, puede producir defectos y barrados por trama en los artículos fabricados, por lo cual es un factor importante su medición y control.
- En el caso de los tejidos de punto, según algunos autores[19)] la vellosidad del hilo aporta un 60% de las propiedades de superficie a los artículos fabricados en tricotosas circulares de gran diámetro.

4. EL NACIMIENTO DE UN PARÁMETRO: El COEFICIENTE DE VELLOSIDAD

El "Coeficiente de vellosidad" nació a raíz de unos experimentos interlaboratorios relativos a la medición de la irregularidad del diámetro aparente de los hilos realizados por el Comité Técnico de la Federación Lanera Internacional (I.W.T.O.) a consecuencia de una comunicación presentada por el autor en la Conferencia Lanera de Estocolmo en el año 1950, proponiendo sus propios métodos y aparato (fig. 2) en el cual la medición del diámetro del hilo se efectuaba de manera discontinua tomando los valores del diámetro aparente del núcleo del hilo proyectado sobre una pantalla con un aumento de 80 x a 100x, en puntos elegidos al azar a lo largo del hilo mantenido bajo tensión constante. La comunicación presentada por el autor despertó el interés suficiente para que el Comité decidiera organizar una serie de experimentos interlaboratorios en los que participaron ocho entidades de Francia, Gran Bretaña, Bélgica, Holanda, Suiza y el propio autor. Todos los laboratorios montaron sus dispositivos de medición según el esquema y normas del autor. Sin embargo, W.J. Onions, de la Universidad de Leeds, que disponía de un sistema fotoeléctrico (fotómetro de Chamberlain) capaz de medir las variaciones del diámetro de los hilos (fig. 3), utilizó este aparato para contrastar los resultados y observó que si bien en términos de medición de la irregularidad del diámetro los resultados de los dos aparatos eran equiparables, los valores medios del diámetro del hilo eran sistemáticamente más elevados utilizando del fotómetro de Chamberlain y es que Onions, en este caso, medía no solamente el diámetro del núcleo del hilo sino algo más: la sombra de los pelos que emergen del núcleo y forman la vellosidad.

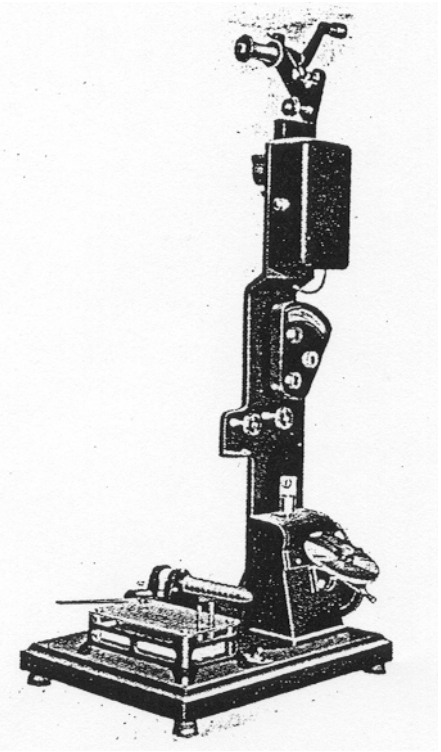

FIGURA 2: Regularímetro Barella

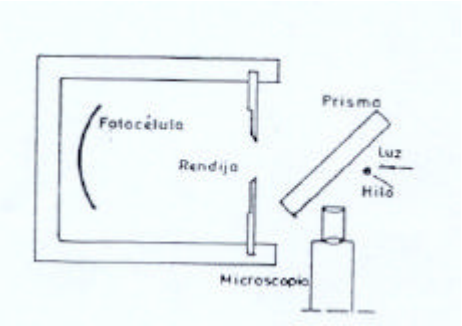

FIGURA 3: Fotómetro de Chamberlainmodificado por Onions y Yates

El autor se dio cuenta de que el cociente entre diámetro fotométrico y el proyectado podía constituir una medida de la vellosidad. Fue el llamado "coeficiente de vellosidad", presentado en la reunión del Comité Técnico celebrada en París en Diciembre de 1951[20)].

A partir de este momento la colaboración entre Onions y el autor dio lugar a la explotación de los resultados con la idea de perfeccionar el método, que adolecía de un punto débil: la apreciación del diámetro del núcleo del hilo por parte del observador podía estar afectada por un factor de subjetividad, para superar el cual de la conjunción de dos principios físicos de medida: el óptico y el fotoeléctrico, se derivaron tres tendencias: una línea exclusivamente óptica, una segunda únicamente fotoeléctrica y una tercera de tipo microfotográfico. La primera línea (la óptica) fue cultivada principalmente por el autor[3 a 5)] y sus seguidores en especial Jackowski[27)], Pillay[29)], Lapage[30)] y Goswami[34)] entre otros. La segunda modalidad fue seguida por el autor y Onions y la tercera por este último[21)]. Es interesante constatar que cuando se publicaron los primeros resultados y las tentativas subsiguientes surgieron numerosos investigadores que profundizaron y perfeccionaron cada una de las tres líneas.

No es posible, en una exposición sucinta detallar, paso a paso, estos perfeccionamientos. Es preciso, pero, señalar que de los experimentos primitivos surgió el primer aparato industrial que permitía medir la vellosidad de los hilos aplicando el coeficiente de vellosidad definido por el autor: fue el llamado aparato "Vieluba AB" [23,24)] desarrollado en Barcelona por el autor y sus colaboradores en 1955. De hecho el aparato citado pertenecía a un equipo pensado para la medición de la regularidad del diámetro aparente y la regularidad de masa compuesto por las unidades de medición propiamente dichas, integrador, registrador y contador de imperfecciones. El modelo AB fue desarrollado en 1955 y perfeccionado en 1956 (fig. 4) y permitía, además de determinar la regularidad del diámetro del hilo, medir, de modo intermitente el coeficiente de vellosidad. Permaneció en el mercado hasta 1962.

El "Coeficiente de vellosidad" y parámetros parecidos desarrollados ulteriormente persistiendo hasta el año 1974 y fueron aplicados a menudo al estudio de problemas de tipo industrial.

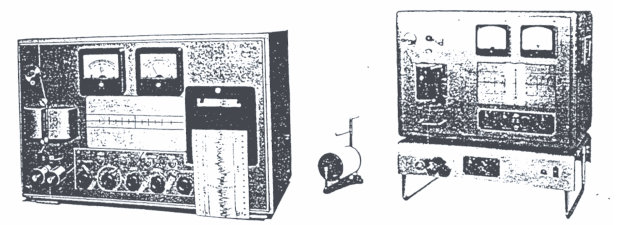

FIGURA 4: Aparato Vieluba A-B: Modelos 1955 y 1956

5. EVOLUCIÓN DE LA MEDIDA DE LA VELLOSIDAD: INFLUENCIA DE LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS

5.1. Métodos ópticos.

El gráfico cronológico de la fig. 5, que registra la aparición de las sucesivas técnicas de medición de la vellosidad, nos señala que las técnicas ópticas se desarrollaron poco tiempo después de la definición del nuevo parámetro. Una de las maneras de obviar la subjetividad de la medida del coeficiente de vellosidad fue la aplicación de parámetros estrictamente derivados de la proyección de la imagen del hilo sobre una pantalla (fig. 1) o bien utilizando como elementos auxiliares el microscopio de proyección y la microfotografía. Esta línea fue seguida por el autor hacia 1954-55 con la definición de los parámetros siguientes:

N1:Número de extremos emergentes/unidad de longitud del hilo.

N2:Número de bucles/unidad de longitud del hilo.

Nf:N1 + N2, Nº total de fibras emergentes/Unidad de longitud del hilo.

L1: Longitud media de los extremos de fibras.

$N_1.L_1$: Longitud acumulada de extremos de fibras por unidad de longitud del hilo.

Estos parámetros fueron utilizados, además, por Jackwoski[2)] , Pillay[29)] y Goswami[34)] , entre otros. Estos mismos autores introdujeron nuevos parámetros derivados o parecidos a los anteriores. Así, por ejemplo, Jackowski introdujo el parámetro L2: Longitud media de los bucles y N2.L2: longitud acumulada de los bucles/unidad de longitud del hilo.

Bastante más tarde, Lappage y Onions[30)] Utilizaron tres parámetros: (Ny; L1 y Ny.L1) similares a N1; L1 y N1.L1 adaptados a su método de medición que no partía del núcleo del hilo sino de una distancia y a partir del mismo. Y, aún más tarde (1969), Goswami[34)] utilizó parámetros similares adecuados a su particular técnica.

Es curioso observar cómo se produjo la repercusión internacional de las técnicas ópticas de medición que, por su simplicidad, estaban al alcance de casi todo el mundo. La repercusión más importante se produjo en dos países India (1958) y Polonia (1961), donde se fueron creando núcleos de investigación que perfeccionaron nuestros métodos con el objetivo de afinar más las medidas e introduciendo variantes a los parámetros primitivos y añadiendo otros nuevos complementarios de los anteriores (como hemos visto). La Gran Bretaña, los Estados Unidos y Japón (1965): Kubota[31] y Tanaka[32], entraron más tarde en liza.

La aplicación de los métodos ópticos basados en la proyección del hilo es una técnica que nunca ha sido totalmente abandonada. En 1974 se comercializó el aparato checo OMEST[37] que, como los posteriores, no se puede considerar propiamente como vellosímetro porqué pretende ir más allá en el conocimiento de la estructura de los hilos. En la misma línea se hallan el "Barco Profiler" de 1995[56] basado en la proyección ampliada del perfil del hilo utilizando tecnologías más avanzadas (rayos infrarrojos) con objeto de estudiar los defectos de los hilos, vellosidad incluida y el "Yarn Structure Tester Zweigle G. 580" de intencionalidad parecida[57].

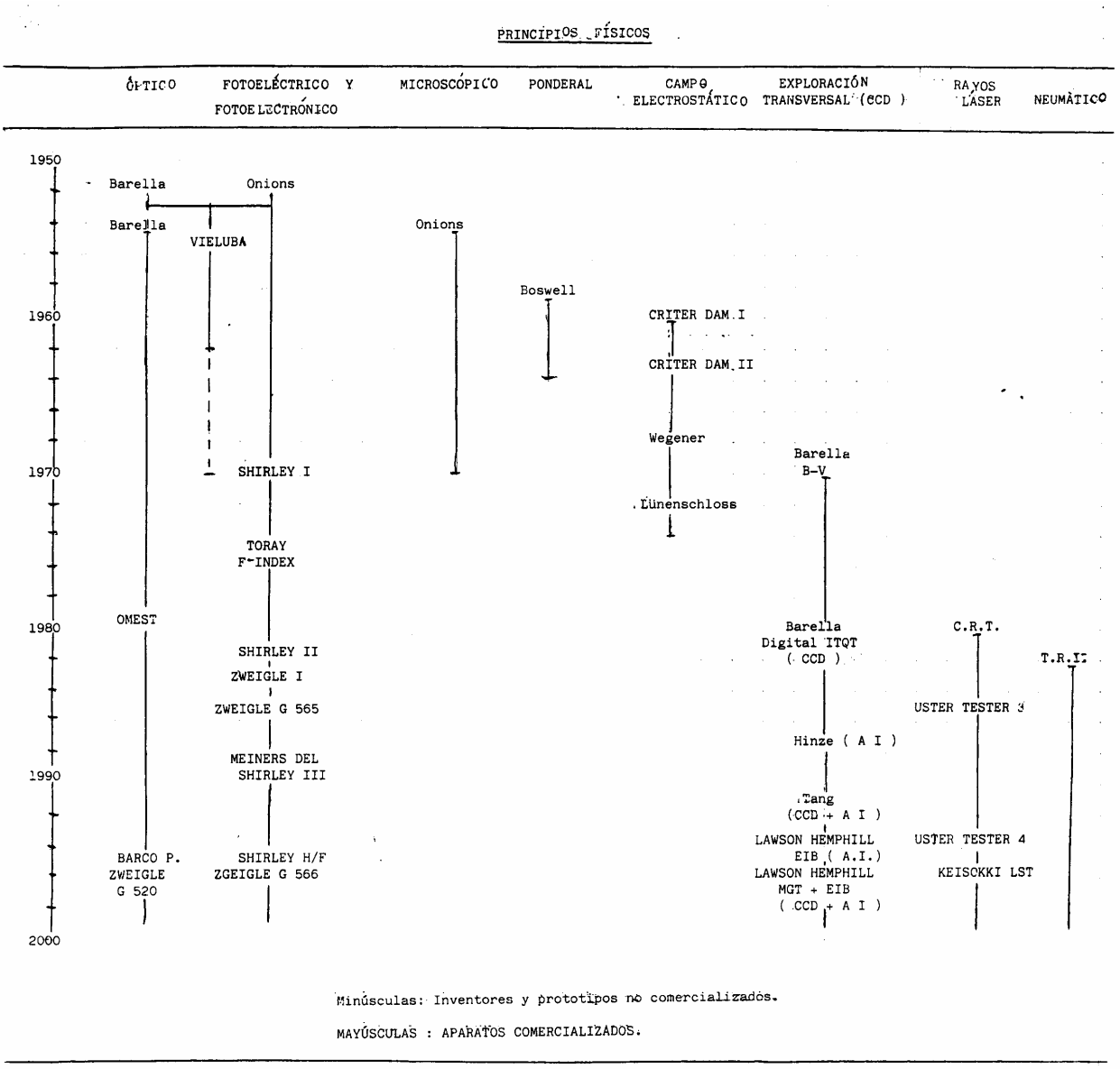

FIGURA 5: Tabla cronológica

5.2. Mediciones microfotográficas

Dentro del grupo fundamentalmente basado en el examen óptico de los hilos existe una variante introducida por Onions el año 1954[21] consistente en el establecimiento de unos grados o patrones de vellosidad "Hairiness ratings" obtenidos por medios microfotográficos. Se establecieron ocho grados de vellosidad (de 0 a 7) para los hilos de lana peinada (fig. 6). No es necesario señalar que, aquí, la adscripción de la vellosidad a un grado u otro era

puramente subjetiva, por comparación del hilo examinado en un microscopio de proyección con el estándar fotográfico.

Otras variantes de la aplicación de la microfotografía a la medición de la vellosidad pero con parámetros objetivos están relacionadas con el grupo de medidas ópticas antes señaladas, en la que el microscopio o la microfotografía devienen elementos auxiliares para la observación del hilo.

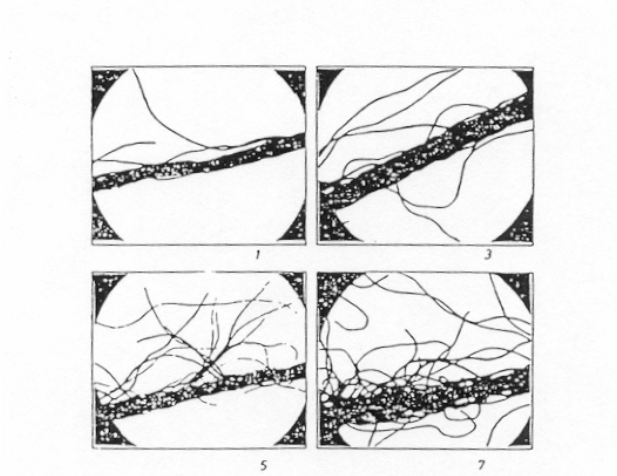

FIGURA 6: Grados de Vellosidad (Onions y Yates). Valores 1,3, 5 y 7.

5.3. Medición fotoeléctrica y fotoelectrónica

Las técnicas de medición de este tipo fueron introducidas por Onions y yates en 1954 y han perdurado, gracias al avance de las tecnologías, hasta nuestros días. Ya se ha indicado la comercialización temporal del aparato "Vieluba" de técnica mixta óptica y fotoeléctrica. El primer aparato de tipo fotoeléctrico de medición contínua no apareció hasta el año 1970[35)] en Inglaterra. Fue el aparato "Shirley", un instrumento de exploración longitudinal del hilo con la fotocélula contadora de impulsos situada a 3 mm del núcleo del hilo (fig. 7). Este dispositivo, modificado varias veces como veremos, aun subsiste en el mercado.

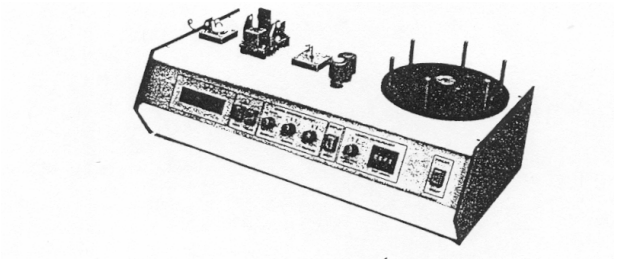

FIGURA 7: Aparato Shirley. Versión de 1970

Basados en un principio parecido se comercializaron dos aparatos en Japón en los años 1974 y 1975: el "Toray" [38)] y el "F-Index Tester" [39)], representado en la fig. 8, ambos ya con más electrónica incorporada. Estos instrumentos se limitaban, pero, a controlar el número de pelos que excedían 3 mm de longitud, si bien el segundo introducía un índice nuevo (F-Index) de naturaleza bastante compleja que intentaba reflejar la vellosidad total del hilo. Es necesario señalar que, en aquella época, se consideraba que eran los pelos de más de 3 mm de longitud los responsables de la posible aparición de barrados por trama en los tejidos de calada.

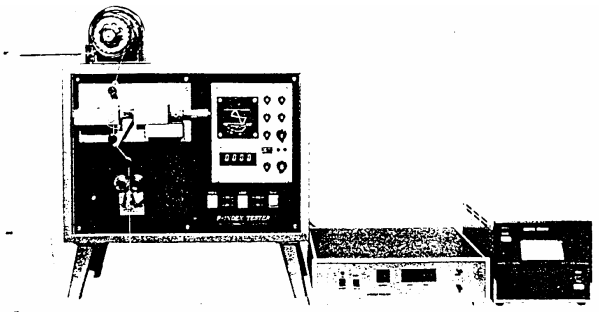

FIGURA 8: Index Hairiness Tester. 1975

Hacia 1980-82 "Shirley" mejoró su aparato[43)], representado en la fig. 9; en 1984 introdujo un monitor portátil para trabajar sobre máquina[45)] y en 1989 un nuevo modelo[49)] que permitía controlar los pelos que sobresalían una longitud regulable entre 1 y 10 mm (fig. 10).

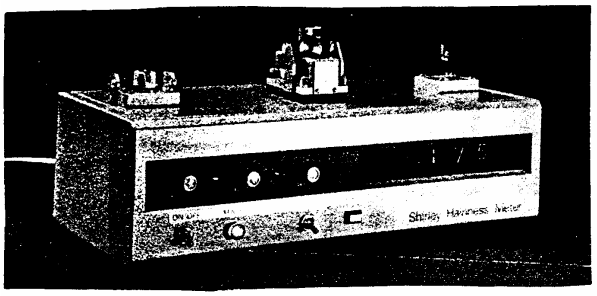

FIGURA 9: Aparato Shirley. Modelo 1984

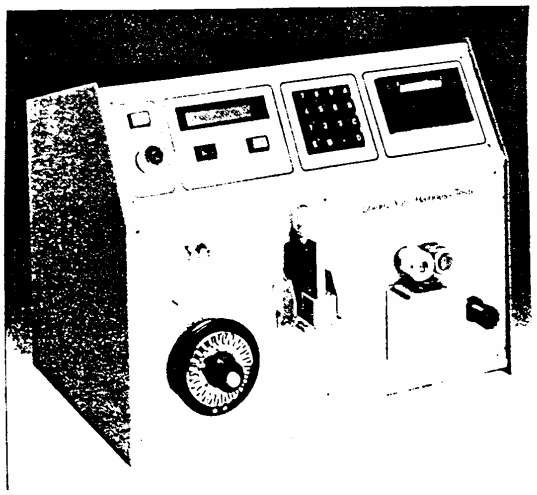

FIGURA 10: Aparato Shirley. Modelo 1989

En 1983 el "Technium Reutlingen" aplicó fototransistores para captar los pelos emergentes de los hilos entre 1 y 12 mm clasificándolos en cuatro clases (44). Nació así el primer aparato de la familia "Zweigle" que, en su siguiente versión de 1985 (modelo "G 565") ya incluía un microprocesador, permitía el recuento de los pelos de más de 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12, 15, 18, 21 y 25 mm; proporcionando un índice de vellosidad H bastante complejo[62)] y la posibilidad de acoplamiento a un PC y un registrador para la explotación completa de los resultados [47)] (fig. 11). La versión más reciente del vellosímetro es el modelo "G 566" del año 1995 que permite conectar el aparato a un "hardware" centralizado ("Zweigle Texdata") que ofrece el máximo de información estadística [54)].

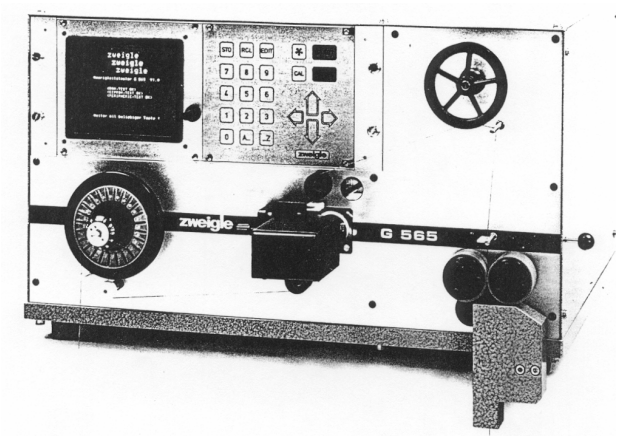

FIGURA 11: Aparato Zweigle G 565-566. Versión 1995.

Otros aparatos comercializados de este grupo son: el "Meiners-Del" [51)] de construcción estadounidense (1989) y la última versión del "Shirley" (1994) que permite la medición alternativa de la vellosidad y el coeficiente de rozamiento de los hilos. El sensor es ajustable, como en los modelos precedentes, para longitudes de pelo de hasta 10 mm y está totalmente informatizado (fig. 12) para la explotación de los resultados[55)].

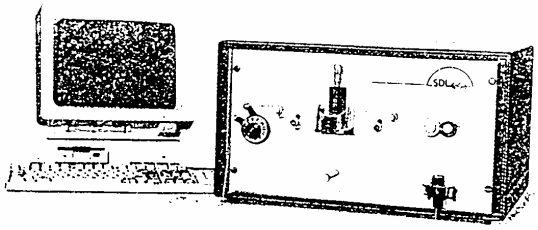

FIGURA 12: Shirley friction/ Hairiness tester. Año 1997.

Los aparatos de este grupo, como puede observarse, suministran el número de pelos que exceden una o varias longitudes predeterminadas. Además, algunos instrumentos suministran unos índices de vellosidad más o menos complejos como el F Index japonés y el H de Mangold y Topf[62, 63)] en el caso del aparato "Zweigle".

5.4. Medidas ponderales

Hacia 1957 Boswell y Townend[25)] introdujeron un método de medición de tipo ponderal. Se pesaba una cierta longitud de hilo, se eliminaba el pelo mediante un gaseado (quemado del pelo) y se volvía a pesar. La diferencia de peso expresada como cociente o de otra manera era una medida de la vellosidad. El sistema fue adoptado por diversos investigadores pero estaba faltado de una base realmente sólida porque en un hilo, por mucho que se queme el pelo, siempre queda una vellosidad residual y, entonces, falta el punto de referencia: el hilo sin pelo. No es necesario remarcar que los resultados dependen de las condiciones del chamuscado. El procedimiento fue prácticamente abandonado en 1962.

5.5. Medición de los pelos en estado erecto mediante un campo electrostático de alta tensión.

En una visita girada por el autor en el C.R.I.T.E.R. de Rouen (Francia) hacia 1957, observó la presencia en uno de los laboratorios, de un aparato cuidadosamente cubierto con un paño y preguntó al entonces director del Centro M. Cuvelier si se trataba de un "top secret". "Ciertamente-respondió- pero a Vd. le permitimos que levante el paño". Al hacerlo constatamos, con la natural sorpresa, que el instrumento llevaba una inscripción que decía: "Pilosimètre"… Se trataba del prototipo del primer aparato de medición continua de la vellosidad, desarrollado a petición de la industria textil francesa, mucho más sensibilizada que la nuestra en relación de los inconvenientes que presentaba la vellosidad a medida que aumentaban los formatos y las velocidades de las máquinas, la productividad en una palabra. El aparato se comercializó pocos años más tarde (CRITER-DAM I) aunque por poco tiempo (1960-1963) al ser perfeccionado a base de una modificación esencial [26, 28)].

En el primer aparato (fig. 13) se producía la erección de los pelos de los hilos mediante un campo electroestático de alta tensión. Los electrodos tubulares de 5 mm de diámetro, que producían la erección introducían una corriente eléctrica en el hilo a través de los pelos en contacto con las paredes de los electrodos (o sea más largos de 2.5 mm). Esta corriente es descargada al pasar el hilo por un segundo par de electrodos y entonces se medía la corriente transmitida por conductividad, proporcional a la cantidad de pelos en contacto con los electrodos. La medida estaba influenciada por diversos factores (humedad, etc.) y por otra parte, la erección de los pelos introducía una deformación del hilo que se medía en un estado diferente del natural (hecho que por si solo descalificaba el método).

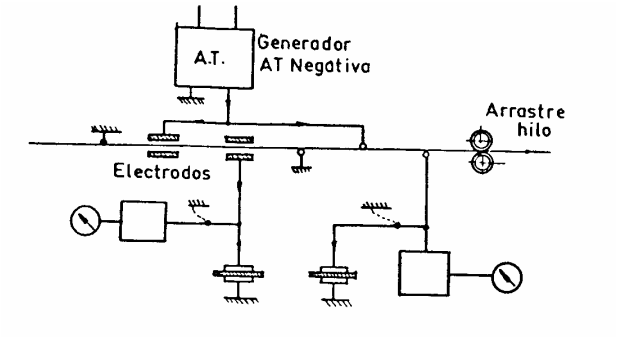

FIGURA 13: Esquema del aparato CRITER-DAM I del 1960.

La segunda versión (CRITER-DAM II) del año 1962, manteniendo el principio de la erección electrostática (fig. 14), efectuaba el control de los pelos mediante una fotocélula situada a 3 mm, al estilo de los aparatos del grupo fotoeléctrico. Como particularidad importante, la erección de los pelos se llevaba a cabo según un plano perpendicular y en una sola dirección. El aparato gozó de una cierta popularidad entre 1962 y 1972 por ser durante un cierto tiempo, el único vellosímetro existente en el mercado (hasta la aparición del "Shirley"). A partir de 1968, los investigadores de la Universidad de Rhenania del Norte-Westfalia, en Aquisgrán, [33] introdujeron un mayor número de fotocélulas con el objeto de tener una idea de la distribución de la longitud de los pelos. En esta línea Lünenschloss (1972) obtenía el número de pelos de más de 2, 3, 4, 5, 6 y 7 mm [36].

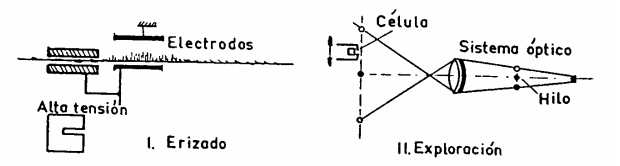

FIGURA 14: Esquema del aparato CRITER-DAM II del 1962.

La medición de la vellosidad en condiciones de erección, electrostática fue aplicada con carácter experimental en Japón por Kubota [31] y Tanaka [32].

5.6. Técnicas electrónicas e informáticas de medición basadas en la exploración transversal del hilo

Después del desarrollo y la comercialización reducidos del aparato "Vieluba", el autor llegó al límite de sus posibilidades de continuar la investigación por falta de recursos económicos, debiendo limitarse a explotar las vías que tenía a su disposición: los dispositivos ópticos y el antes mencionado aparato. Hacia 1964 obtuvo un contrato ("grant") con el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (U.S.D.A.) que le permitió reemprender la búsqueda de un aparato de medición continua de la vellosidad. Sin embargo, en el período de 1955-1964 se había ya comercializado el aparato CRITER y anunciado la existencia del "Shirley" y su pronta aparición en el mercado. Los dos aparatos citados explotaban la vía fotoeléctrica de exploración longitudinal y se limitaban a dar un solo parámetro: los pelos de más de 3 mm de longitud por unidad de longitud del hilo, pero sin informar sobre la distribución de la longitud de los pelos emergentes del hilo. Era un paso adelante pero no el definitivo. Quedaba camino por recorrer pero era preciso investigar en otras direcciones.

Fue entonces cuando el autor sugirió la exploración transversal del hilo mediante técnicas de vídeo. En el período 1969-1970 se ultimó un primer prototipo desarrollado en colaboración con Antonio Vilaplana: el llamado aparato "B-V" [6], basado en el análisis del hilo mediante el tubo "Vidicom" (fig. 15). El hilo desfilaba ante la cámara en sentido perpendicular al eje del tubo de tal manera que el haz electrónico exploraba el hilo por líneas. Esta técnica permitió obtener información sobre el número total de pelos incluso los más cortos, sobre la longitud de los pelos y sobre el diámetro del hilo (fig. 16). El índice de vellosidad V se definía como el número medio de intersecciones de los pelos con las líneas de exploración y el índice de longitud L era la longitud media de las distancias desde la intersección más lejana al núcleo del hilo. Los dos índices estaban expresados en unidades arbitrarias del aparato pero su correlación con los parámetros de la vellosidad obtenidos mediante las técnicas ópticas tradicionales era muy elevada (coeficientes de 0.85 a 0.95 para el índice V y de 0.72 a 0.85 para el índice L). Los valores más elevados correspondieron a hilos de lana peinada y los más bajos a hilos de algodón cardado (64.65). Este aparato no se comercializó por las razones expuestas al principio pero contribuyó durante un período de diez años (1970-1980) de una manera significativa al estudio de la vellosidad y su repercusión en los procesos industriales (singularmente la hilatura).

El año 1980 representa un nuevo hito importante en el desarrollo de las técnicas de medición de la vellosidad. Se trata de la introducción, por primera vez, de un sensor C.C.D. ("Coupled Charge Device") a la exploración del hilo en sustitución del tubo "Vidicon". El aparato (figs. 17 y 18) fue desarrollado en colaboración con Víctor Martín, Albert M.Manich y Juan Pablo Vigo[40] y fue bautizado con el nombre de "Digital I.T.Q.T.". La información suministrada por el nuevo instrumento comprendía, además de unos índices más o menos equiparables a los del aparato procedente, los valores máximo y mínimo de los índices mencionados y el diámetro del hilo y su regularidad.

FIGURA 15: Aparato B-V del 1970

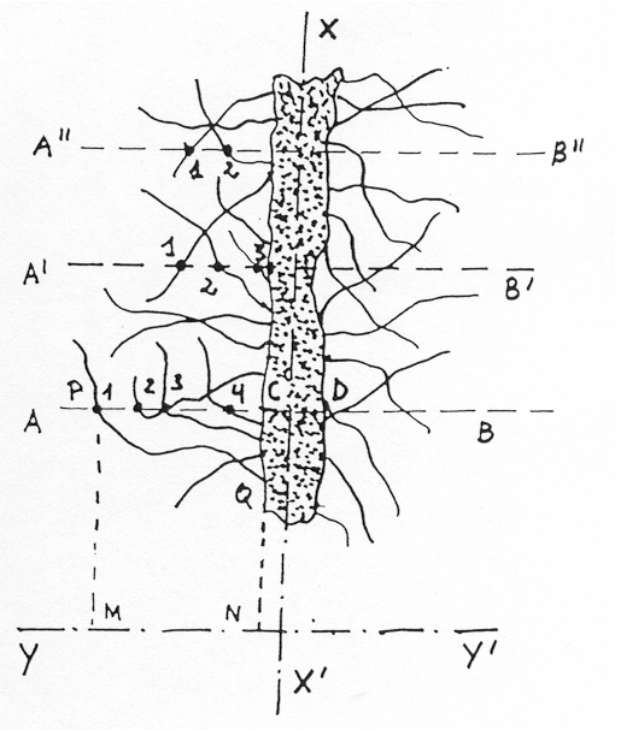

FIGURA 16: Esquema de la exploración transversal del hilo

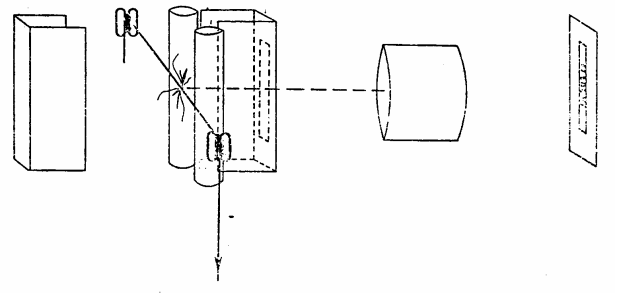

FIGURA 17: Esquema de la medición con un sensor C.C.D. (Barella, 1980).

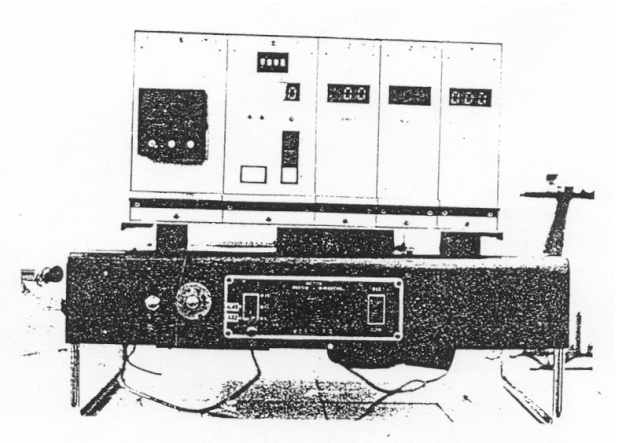

FIGURA 18: Aparato digital I.T.Q.T. (Barella, Martín y otros), 1980.

Desgraciadamente, la jubilación forzosa del autor en 1985, cuando se había empezado a desarrollar la informatización del aparato para la explotación exhaustiva de los resultados rompió, prácticamente, la continuidad del proceso. Un cambio de orientación de la política científica del organismo donde se había desarrollado la nueva tecnología dio al traste con las posibilidades de continuación de los estudios.

Pero la semilla estaba sembrada y otros recogieron la cosecha. El año 1993 Tang y sus colaboradores [52)] retomaban la idea, completándola con el análisis de la imagen, en el cursos de sus estudios para controlar la modificación ulterior de la vellosidad. El análisis de la imagen, a su vez, había sido introducido por Hinze y Viertel en 1989[50)].También Tsai y Chu, en 1996 aplicaron esta tecnología[59)].

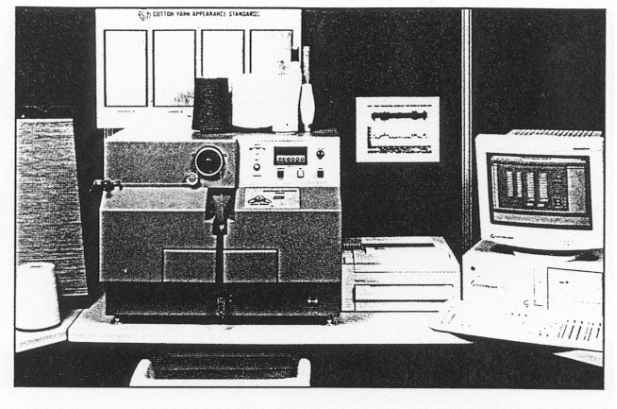

FIGURA 19: Lawson-Hempfill Hairiness Tester M.T.G. + E.I.B., 1997.

Finalmente, la firma estadounidense “Lawson-Hemphill” en 1997 comercializaba el “Hairiness Tester MTG + EIB” (fig. 19) en el cual se aplica la exploración transversal del hilo mediante un sensor C.C.D. y se completa la información mediante en análisis de la imagen y la simulación por ordenador para obtener información relativa al

aspecto final del tejido obtenido con el hilo que se analiza[53]. En este dispositivo se pueden contar los pelos que exceden seis niveles seleccionables de longitud, expresada bien en mm, bien como porcentaje de incremento del diámetro del hilo[61] .

5.7. Técnicas basadas en la aplicación de rayos láser

Desde 1980 el "Centre de Recherches Textiles" de Mulhouse (Francia)[41,42] fue desarrollando, poco a poco, una técnica de medición de la vellosidad basada en la reflexión, difracción, dispersión y difusión de rayos láser. En 1987 apareció el primer aparato comercializado basado en la experiencias del C.R.T. Fue el aparato suizo "Uster Tester 3" de la "Zellweger Uster A.G." (fig. 20). En este caso concreto[48] la unidad de medida es un módulo que se integra en el regularímetro de masa y aprovecha toda la instalación informática de tratamiento de datos de este último para la explotación de los resultados. En el módulo mencionado, la zona de medición está formada por un campo de rayos paralelos de luz láser infrarroja y solamente son detectados aquellos rayos dispersados por las fibras que forman la vellosidad. La luz dispersada es el resultado de fenómenos de reflexión, refracción y difracción en cada una de las fibras. Entonces, las fibras que forman la vellosidad aparecen como luminosas y la luz dispersada es una medida de la vellosidad que puede ser detectada eléctricamente. La luz directa es absorbida mediante un diagrama especial de manera que si no hay hilo en el campo de medida no incide ningún tipo de luz en el fotodetector y no se produce ninguna señal eléctrica. Cuando existe un hilo en el campo, el núcleo del hilo aparece negro y las fibras luminosas sobre campo oscuro. Evidentemente este procedimiento agrupa en un solo índice H (comprendido entre 0 y 20) la longitud acumulada de las fibras emergentes del hilo sin que se pueda hacer distinción alguna entre el número y la longitud de pelos y bucles (prácticamente el índice representa, en unidades arbitrarias, la vellosidad acumulada en 1 cm de hilo).

La misma firma lanzó más adelante (1995) el modelo "Uster Tester 4" que no modifica esencialmente el método[53] pero sí la manera de presentar los resultados.

Ulteriormente, en 1997, la firma japonesa "Keisokki Kogyo" puso en órbita comercial el aparato "Laserspot LST" (fig. 21) basado en un principio similar. El equipo, acoplado a un sistema informático de IBM, ejerce como regularímetro del diámetro aparente del hilo y como vellosímetro. Este aparato suministra un índice de vellosidad HA propio que está relacionado con el calibrado y los resultados de la medición de los hilos se expresan como porcentaje del valor HA = 100 establecido al calibrar el instrumento[60].

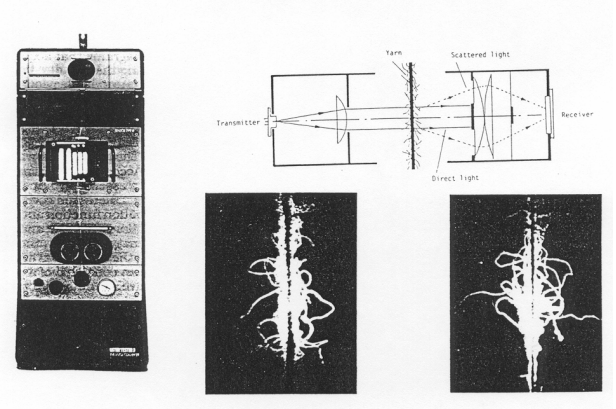

FIGURA 20: Uster Tester 3/ 4. Unidad de medida, principio y vellosidad luminosa

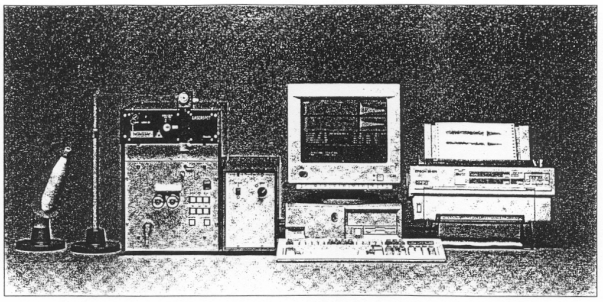

FIGURA 21: Equipo Laserspot L.S.T. de Keisokki de 1997

5.8. Técnicas neumáticas

Estas técnicas no han pasado del estado experimental al comercial. Se remontan al año 1984 y han estado prácticamente monopolizadas por el "Textile Research Institute" de Princeton (N.J. Estados Unidos). El principio del método es que la presión de un gas al pasar por un orificio que rodea un hilo está relacionada con el área de la sección recta. Al mover el hilo, los cambios de presión detectados reflejan las más pequeñas variaciones del área mencionada tales como las producidas por la vellosidad. El "T.R.I. Yarn Cross Sectional Monitor" es un perfeccionamiento del principio, desarrollado en 1991. El dispositivo está informatizado y los resultados se suministran en forma de índice de vellosidad o de densidad de vellosidad superficial (46).

6. RECAPITULACIÓN

Recapitulando, vemos que una idea nacida en el año 1951, en el momento actual y debido al sucesivo desarrollo de nuevas tecnologías ha dado paso a la existencia en el mercado de, por lo menos, seis aparatos: dos basados en la aplicación de rayos láser ("Uster" y "Keisokki"); tres en la fotoelectónica: ("Shirley", "Zweigle" y "Meiners-Del") (desconocemos si han persistido los modelos japoneses "Toray" y "F Index Tester") y otro en la

utilización de sensores C.C.D. y el análisis de la imagen ("Lawson-Hemphill"); y de, por lo menos, dos instrumentos auxiliares relacionados con la vellosidad ("Barco" y "Zweigle"). Parece una cosecha bastante aceptable pero lo que es aleccionador y decepcionante a la vez es que todos los aparatos comercializados vengan de fuera cuando algunas de las ideas que presiden el funcionamiento de los aparatos han salido de nuestro país.

El eterno problema de la falta de una política científica coherente y la escasez de recursos en I+D por debajo de la mitad de la media de la Unión Europea. Dicha media ronda el 2% - el 2.20 en la O.C.D.E.- del P.I.B. En España se ha reducido últimamente del 0.92% al 0.85% del P.I.B. y se mantiene estancada en este nivel. Otro problema crónico es el del escaso interés de la industria (con honrosas excepciones) por lo que ocurre en los centros de investigación. Todo ello queda una vez más demostrado con la historia de la evolución de la medición de la vellosidad de los hilos. Nos referimos, desde luego, a la época en que se desarrollaron nuestros prototipos (1970-1980) pero nos tememos que no se ha avanzado demasiado en los últimos veinte años.

Si bien es cierto que nuestros prototipos se patentaron, no lo es menos que la patente sólo cubría el ámbito español porque, según el criterio del Organismo en el que se efectuaron los estudios, la patente mundial era "demasiado cara". Este es el criterio que regía entonces y que se repitió en otra ocasión relacionada con un tema distinto pero que nos hizo perder otra oportunidad. Esperemos que la misma historia no se vuelva a repetir en los umbrales del siglo XXI. Recientes declaraciones de una alta autoridad en el ámbito estatal de la investigación parecen indicar la existencia de un cambio de mentalidad y de política en relación con el aprovechamiento de los resultados obtenidos en nuestros laboratorios de investigación. Esperemos que estas buenas intenciones se confirmen porqué, por desgracia, no es la primera vez que se formulan.

7. CONCLUSIONES

El autor puede reivindicar, dentro del contexto del tema estudiado, de manera clara y concreta los puntos siguientes:

7.1. La definición y establecimiento del primer método de medición de la vellosidad de los hilos (1951-1952).

7.2. El desarrollo de una serie de parámetros basados en la aplicación de técnicas ópticas y fotoeléctricas, largamente utilizados a escala internacional, para definir las características de la vellosidad de los hilos (desde 1954).

7.3. La puesta en práctica del primer aparato discontinuo de medida que llegó a comercializarse hasta que fue superado por técnicas más avanzadas provenientes del exterior, por falta de medios para continuar la investigación (1955-1962).

7.4. La introducción de técnicas opto-electrónicas de vídeo para la exploración transversal del hilo, retomadas por otros después de veinte años de haber sido objeto de experimentación (1970).

7.5. La introducción de la medida basada en la aplicación de sensores C.C.D. que, más de quince años más tarde, constituye el principio físico de la medida de un aparato que actualmente se halla en el mercado, habiendo sido también utilizada con carácter experimental para ciertas aplicaciones industriales (1980).

8. BIBLIOGRAFÍA

1. A. Barella. "Memorias de la Real Academia de Ciencias y Artes de Barcelona". Trabajo de turno del mes de Mayo de 1999 (en prensa).
2. A. Barella. "La vellosidad de los hilos: Concepto, teoría, medición y evolución a lo largo del proceso industrial textil". Obra publicada por capítulos en la "Revista de la Industria Textil", (1998-2000).
3. A. Barella. "La vellosidad de los hilos". Manuales Técnicos A.I.T.A. Barcelona (Núm. 1), (1965)
4. A. Barella. "Études sur la pilosité des fils". Les Éditions de l'Industrie Textile. París (1957).
5. A. Barella. "J. Text. Inst.", 57T 461 (1966).
6. A. Barella y A. Viaplana. "J. Text. Inst." 61, 438 (1970).
7. A. Barella. "J. Text. Inst.". 64, 558 (1973).
8. A. Barella. "J. Text. Inst.". 66, 39 (1975).
9. A. Barella. "J. Text. Inst.". 69, 378 (1978).
10. A. Barella. "Yarn Hairiness". "Text. Progress". Vol. 13, 1, (1983).
11. A. Barella. "J. Text. Inst.". 76, 116 (1985).
12. A. Barella. "J. Text. Inst.". 78, 113 (1987).
13. A. Barella. "J. Text. Inst.". 79, 325 (1988).
14. A. Barella. "The Hairiness of Yarns". "Text. Progress". Vol. 24, 3, (1993).
15. A. Barella y A. M. Manich. "Yarn Hairiness Update". "Text. Progress". Vol. 26, 4, (1997).
16. A. Barella y A. M. Manich. "Yarn Hairiness 2000" (en preparación).
17. W.E. Morton y M.C. Yen. "J. Text. Inst.". 43, T 60 (1952).
18. Y.E. El Moghazy. "Conf. Arch. Tex. 97". Lódz. (Polonia) (1997).
19. P. Offermann y P. Grutz. "Melliand Textilberichte". 69, 323 (1984).
20. A. Barella. "Bull. Inst. Text. France", 40, 6, 87 (1953).
21. W. J. Onions y M. Yates. "J. Text. Inst.", 45, T. 873 (1964).
22. A. Barella. "Bull. Inst. Text. France". 55, 45 (1955); "Annales Scient. Text. Belges". 3, 4, 3 (1955); "J. Text. Inst.", 47, p. 210 (1956).
23. A. Barella, L. Viertel, A. Lupresti y P. Salvany". Ingen. Text.". 22, 116 (1955).

24. A. Barella, L. Viertel, A. Lupresti y P. Salvany. “Fibres”, 17, 5 (1956).
25. H.R. Boswell y P.P. Townend. “J. Text. Inst.”, 48, T. 135 (1947).
26. C.R.I.T.E.R. “Bull. Inst. Text. France”. 94, 23 (1961).
27. T. Jackowski. “Przeglad Wlokkienn”. 15, 271 (1961).
28. C.R.I.T.E.R. “Bull. Inst. Text. France”. 98, 37 (1962).
29. K.P.R. Pillay. “Text. Res. J.”. 34, 463, 773 (1964).
30. J. Lappage y W.J. Onions. “J. Text. Inst.”. 55, T. 381 (1964).
31. M. Kubota y otros. “J. Text. Mach. Soc. Japan” (E.E.), 11, 133 (1965).
32. K. Tanaka. “J. Text. Mach. Soc. Japan” (E.E.), 11, 1966, 146, 13, 51 (1967).
33. W. Wegener y E. Thonneszen. “Melliand Textilberichte”. 49, 260 (1968).
34. B.C. Goswami. “Text. Res. J.”. 39, 324 (1969).
35. J.K. Slack. “J. Text. Inst.”, 61, T 428 (1970).
36. J. Lünenschloss y otros. “Melliand Textilberichte”. 52, 623 (1971).
37. O.M.E.S.T. Vyzkumny Ustav Balvnarsky. Usti nad Orlici (1974).
38. Toray e Itoh. “J. Text. Mach. Soc. Japan”, 20, 70 (1974).
39. M. Nakao y S. Setoh. “J. Text. Mach. Soc. Japan”, 20, 70 (1974).
40. A. Barella, V. Martin, A.M. Manich y J.P. Vigo. “J. Text. Inst.”. 71, 277 (1981).
41. C.R.T. Mulhouse. “Compte Rendu d’Activités”, (1980).
42. C.R.T. Mulhouse. “Compte Resnu d’Activités”, (1984).
43. Shirley Dev. Ltd. Catálogo (1982).
44. Zweigle y Co. Gmbh. Catálogo (1983).
45. Shirley Dev. Ltd. “Text. Horizons”,4, 12.(1984).
46. T.R.I. (Princenton). “T.R.I. News” 1984, “Annual Report” (1991).
47. Zweigle y Co. Gmbh. “Melliand Textilberichte”, 67, 851 (E 346) (1986).
48. Zellweger Uster A.G. “Measurement of Yarn Hairiness”. TE 460, (1987).
49. Shirley Dev. Ltd. Catálogo (1989).
50. D. Hinze y E. Viertel. “Melliand Textilberichte”. 72, 167 (E 64) (1989).
51. P.W. Harrison. “Text. Horizons”, 11, 8, 14 (1991)
52. N.K.H. Tang y otros “J. Text. Inst.”. 84, 156 (1993).
53. Lawson-Hemphill. “South Text. News”. 49, 21, 25 (1993).
54. Zweigle y Co. Gmbh. Catálogo (1995).
55. Shirley Dev. Ltd. Catálogo (1995).
56. Barco Ind. a través de Bona. M. “Textile Quality”, Paravia. Turí (1995).
57. Zweigle y Co. Gmbh. a través de Bona M. “Textile Quality”. Turín (1995).
58. Zellweger Uster A.G. Catálogo (1996).
59. T.S. Tsai y W.C. Chu. “J. Text. Inst.”. 87, 485, 496 (1996); 88, 414 (1997).
60. Keisokki Kogyo. “Keisokki Bull.”. 5, Sept. (1997)
61. Lawson-Hemphill. Comunicación privada, (1998).
62. G. Mangold y W. Topf. “Melliand Textilberichte”. 65, 245 (1985).
63. A. Barella, A. Egio, L. Castro y A.M. Manich. “Melliand Textilberichte”, 70, 1989, 6 (1989).
64. A. Barella Y J.P. Vigo. “Annales Scient. Text. Belges”. 21, 161 (1973).
65. A. Barella y J.P. Vigo. “Text. Res. J.”. 43, 493 (1973).

Trabajo presentado en: 1999.05.08.
Aceptado en: 2000.10.26.